



Scientia Agropecuaria

Sitio Web: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>Facultad de Ciencias
AgropecuariasUniversidad Nacional de
Trujillo

Efecto de mallas sombreadoras sobre la producción y calidad de frutos de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Brigitta

Effect of shading nets on the production and quality of blueberry fruit (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Brigitta

Mario Marcelo Rodríguez Beraud*, Daniza Minerva Morales Ulloa

Escuela de Agronomía, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco (UCTemuco). Rudecindo Ortega 02950, Temuco, Chile.

Recibido 19 diciembre 2014. Aceptado 01 febrero 2015.

Resumen

Se evaluó el crecimiento, desarrollo y calidad de frutos de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Brigitta bajo diversas mallas de sombreado. Los ensayos se realizaron en plantas de 7 años en un huerto comercial de Collipulli, Región de La Araucanía, Chile. Los tratamientos correspondieron a un control sin sombreadamiento y cuatro tipos de mallas: una roja de 40% y 18% de sombreadamiento; una malla aluminizada con 40% de sombreadamiento y una malla negra de 35% de sombreadamiento. En frutos bajo sombra de malla roja 40% se observaron el mayor diámetro ecuatorial y polar y se cosecharon tres semanas más tarde que los frutos del tratamiento sin malla. En el cultivo bajo sombra de malla aluminizada 40% se observó prolongación de estados fenológicos y un desfase en la producción máxima semanal de dos semanas respecto al control. Los mayores rendimientos se observaron en plantas del tratamiento control y bajo sombra de malla roja 40%, con 11008 kg ha⁻¹ y 10461 kg ha⁻¹ respectivamente, en tanto que el menor rendimiento fue con malla roja 18% con 9668 kg ha⁻¹. Los frutos cultivados bajo sombra de malla roja 18% presentaron el mayor número de frutos por planta con 1806 bayas por planta, el menor peso de frutos con 1,69 g y la mayor firmeza. Por lo tanto, el mayor peso de bayas se observa en frutos sin malla y en malla roja 40% de sombreadamiento, junto con el mayor tamaño y rendimiento.

Palabras clave: sombreadamiento, malla, rendimiento, firmeza.

Abstract

Growth, development and fruit quality blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) variety Brigitta under different shade nets were evaluated. Assays were performed in plants 7 years in a commercial orchard Collipulli, Araucanía Region, Chile. Treatments were a control without shading and four types of screens: a red 40% and 18% shade; aluminized mesh with 40% shade and a black mesh 35% shade. In fruits shade of red mesh 40% greater equatorial and polar diameter were observed and three weeks later harvested the fruits of treatment without mesh. In growing shade 40% aluminized mesh phenological stages extension lag and the maximum weekly production two weeks over control was observed. The highest yields were observed in plants of treatment and control shade of red mesh 40%, with 11008 kg ha⁻¹ and 10461 kg ha⁻¹, respectively, while the lowest was in red mesh 18% with 9668 kg ha⁻¹. The fruits grown under shade of red mesh 18% showed the highest number of fruits per plant with 1806 berries per plant, fruit weight less than 1.69 g with the strongest with 3.76 N mm⁻¹ module deformability. Therefore, the largest weight berry fruits observed in non-mesh screen and 40% red shading, together with the increased size and performance.

Keywords: shading, net, yields, firmness.

1. Introducción

La técnica de cultivo bajo mallas se refiere al sombreado de las plantas por redes plásticas para filtrar selectivamente la radiación solar interceptada. Esto se produce gracias a que el material de las

mallas absorbe preferentemente la banda luminosa del espectro solar correspondiente a su color complementario, modificando las propiedades de reflexión, absorción y transmitancia de la luz que pasa a través de ellas, además de su función

* Autor para correspondencia
E-mail: marodrig@uct.cl (M. Rodríguez).

protectora (Shahak, 2008). Sin embargo, es durante la presente década que esta tecnología logra su mayor desarrollo, siendo utilizada e investigada en más de 30 países del mundo, bajo diferentes condiciones climáticas, representando así un interesante avance en agrotecnología (Middleton y McWaters, 2002; Watson *et al.*, 2002; Shahak *et al.*, 2004b; Arantes *et al.*, 2007; Ganelevin, 2008; Guerrero *et al.*, 2010). En los últimos años, especialmente en huertos frutales del Sur de Chile, es introducida esta innovación tecnológica, no obstante, la investigación al respecto es aún escasa.

El uso de mallas genera una modificación espectral la que promueve respuestas fisiológicas reguladas por la luz, tales como el aumento de tamaño del fruto y desfase del período de cosecha, lo cual puede ser aprovechado como una alternativo de manejo en los huertos de arándanos (Castellano *et al.*, 2008, Shahak *et al.*, 2008). Los principales colores de malla son: rojo, verde, azul, amarillo, naranja, perla, blanco y negro, además de las mallas aluminizadas que se caracterizan por modificar el espectro de transmitancia de la luz, dependiendo de la textura, pigmentación, densidad y porosidad del tejido (Abdel-Ghany y Al-Helal, 2010).

Dentro de las redes más estudiadas se encuentra la malla roja, la cual transmite luz del espectro de ondas rojo y rojo lejano por sobre 590 nm (Oren-Shamir *et al.*, 2001), comparada con malla negra del mismo porcentaje de sombra, difunde más luz (Shahak *et al.*, 2004a) y protege 20% más contra radiación UV, evitando la fotodegradación de los cloroplastos (Leite, 2005). Otra malla importante es la roja aluminizada, la cual es termorefectora debido a que es de polietileno fundido en aluminio (Oren-Shamir *et al.*, 2001) y dada su capacidad reflectante, puede aportar una media de luz difusa de 15% y reflexión de radiación infrarroja, evitando temperaturas extremas y ahorrando energía (Huertas, 2006). Ciertas investigaciones en frutales cultivados bajo mallas de sombreo,

informan de mayores rendimientos (Ganelevin, 2008; Shahak *et al.*, 2008), sin embargo, otras observan rendimientos menores, atribuido principalmente al color rojo y a la efectividad de la malla a la latitud e intensidad luminosa del sitio geográfico y a la especie investigada (Basile *et al.*, 2008; Blanke, 2009). En arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.), Retamales *et al.* (2008) en Chile, informan de mayor número de frutos en plantas bajo mallas blanca, gris y roja y menor cantidad de bayas observadas en plantas bajo malla negra.

En este sentido, el objetivo de esta investigación fue evaluar bajo condiciones de campo, el crecimiento, maduración, cosecha y firmeza de frutos de arándano cv. Brigitta, cultivados bajo sombra de diversas mallas.

2. Materiales y métodos

El ensayo se realizó entre los meses de octubre de 2009 y marzo de 2010 en un huerto comercial de arándanos, variedad Brigitta, en el predio "Fundo Agua Buena", ubicado a 37° 59' 58,79" latitud Sur y 72° 15' 44,40" longitud Oeste en la comuna de Collipulli, Provincia de Malleco, Región de La Araucanía, Chile. Se utilizaron plantas de 7 años, con un marco de plantación de 3 m x 1,3 m, regadas por goteo. Los tratamientos consistieron en cuatro mallas con las siguientes características: Tratamiento 1 (T1) malla roja tejido rafia 40% de sombra; Tratamiento 2 (T2) malla aluminizada tejido rafia 40% de sombra; Tratamiento 3 (T3) malla roja tejida con hilos de monofilamento 18% de sombra y Tratamiento 4 (T4) malla negra tejido rafia 35% de sombra. El control sin malla fue el Tratamiento 0 (T0). Las mallas se instalaron sobre postes alambrados a 3,2 m de altura sobre el suelo, con faldas de 1,7 m colgadas en los cuatro lados de la estructura, con el propósito de evitar entrada de luz directa dentro del ensayo. La instalación de las mallas se realizó el 23 de noviembre de 2009.

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Recursos Naturales de la Universidad Católica de Temuco.

2.1. Crecimiento y maduración del fruto

Para caracterizar la curva de crecimiento de los frutos hasta cosecha, en cada árbol se escogieron dos frutos al azar por punto cardinal, del tercio medio superior. En estos frutos se realizaron mediciones de diámetro ecuatorial en mm cada semana, desde el 07 de diciembre al 31 de marzo. Los diámetros fueron medidos con pie de metro digital (Litz®, Professional, Alemania). Además, al momento de la cosecha se efectuó medición de diámetro polar (mm) y peso de los frutos (g) realizado con balanza electrónica de precisión (Nahita®, serie 5026, Kingswood, Hull, Reino Unido).

2.2. Periodos fenológicos

Con los datos obtenidos de las cinco plantas por tratamiento, se elaboró una tabla fenológica para cada tratamiento, desde el 19 de octubre hasta la fecha de cosecha, expresada en días. El inicio de cada período consistió en observar en tres lugares de las plantas el estado fenológico característico de dicho período y el término se registró cuando se observó en un 90% de las plantas la evolución de ese estado. De esta forma se pudo describir: floración (FL); desde que la flor está abierta, con sus partes reproductivas visibles. El fin de éste sucede cuando se observa la caída de corolas y las flores más tardías terminan de abrir sus corolas. Caída de pétalos (CP); desde que la flor ha sido fecundada y se desprende de su corola, en el fin de este período se observa la aparición de nuevas bayas y muchos pétalos en el suelo. Fruto cuajado (FC); ocurre desde que se detecta un fruto nuevo con el ovario levemente hinchado y los sépalos aún muy prominentes. Fruto verde en crecimiento (FV); inicia al observarse un fruto ya formado, de forma redondeada y color verde, con el ovario en engrosamiento progresivo y sépalos menos prominentes,

diferentes tamaños dentro de un racimo. Fruto cremoso (FC); desde que se observan bayas tornándose de un color verde claro a verde cremoso. Fruto en pinta (FP); inicia cuando un fruto de color verde cremoso se torna a tono violáceo iniciando la madurez de la baya. Fruto maduro (FM); se registra cuando el fruto maduro es visible, considerándose madura cuando es de color azul a azul negro, extendiéndose esta fase hasta el fin de producción de frutos.

2.3. Evaluación de parámetros de calidad y rendimiento

Se realizó una cosecha por semana en los racimos seleccionados de cada punto cardinal, de las plantas escogidas. Como índice de cosecha fue empleado el color de cubrimiento de la baya el cual es completamente azul. En cada cosecha se registró: número de bayas expresado en porcentaje del total de frutos cosechados para cada tratamiento; diámetro ecuatorial (\emptyset Ecuatorial) y diámetro polar (\emptyset Polar) en mm; peso del fruto en gramos y sólidos solubles totales (SST) medido con refractómetro autocompensado a 20°C (ATAGO, modelo MASTER- α , Tokyo, Japan) expresado en °Brix. Para calcular el rendimiento por hectárea, se multiplicó el promedio de bayas de las cinco plantas escogidas de cada tratamiento por el peso promedio de cada tratamiento, finalmente este producto se multiplicó por la densidad de plantación, que corresponde a 2.564 plantas por hectárea, obteniéndose el rendimiento expresado en kg ha⁻¹.

2.4. Evaluación de la firmeza

Se utilizó un texturómetro (modelo QTS 2525 Texture Analyzer, Middleboro, Massachusetts, U.S.A.) con software Texture Pro versión 2.1. Como accesorio una sonda cilíndrica de 3 mm QTS-MTP13A de extremo radial, usando una celda de carga de 25 kg. El ensayo consistió en una prueba simple de penetración por compresión de un ciclo, con un valor de carga de 7 N, velocidad de prueba de 60 mm min⁻¹ y con una temperatura de la muestra de 4,4°C. Cada

fruto fue penetrado por su sección ecuatorial, atravesando la sonda toda la pulpa y rompiendo finalmente la epidermis en la base de apoyo del arándano, obteniéndose parámetros de fracturabilidad; que corresponde al primer pico de carga (First Peak), definido como la fuerza requerida (N) para fracturar la epidermis del arándano y está relacionado con la dureza de la piel y con los componentes bioquímicos de ésta. Rigidez; definido como la fuerza (N) que presenta el fruto para resistir la penetración, indicativo de la firmeza del fruto completo y turgencia celular. Carga a la ruptura; la carga de fuerza (N) aplicada inmediatamente posterior al rompimiento de la piel, representativo de la estructura de las células subyacentes a la epidermis. Carga media; la media de las fuerzas (N) después de la rotura de la piel con la sonda atravesando todo el fruto, indicativa de la estructura celular interna del arándano y de la firmeza de la pulpa. Módulo de deformabilidad; definido como la fuerza requerida para deformar el fruto en 1 mm (N mm^{-1}).

2.5. Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar que consistió en cinco tratamientos. Cada malla cubrió una superficie de 260 m² (10 m x 26 m), el control sin malla ocupó igual superficie. Bajo cada malla se cubrieron cuatro hileras, de las dos centrales se escogieron cinco plantas al azar. En cada planta escogida se marcaron cuatro ramillas representativas seleccionadas del tercio superior, una por punto cardinal. En las ramillas seleccionadas se llevaron a cabo las mediciones descritas anteriormente. En el análisis estadístico se comprobó la normalidad con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se realizó prueba de homogeneidad de varianzas de Levene y análisis de varianza (ANDEVA); cuando se detectó diferencias significativas se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan ($p \leq 0,05$) (Little y Hills, 2002) mediante el programa SPSS versión 15.0.

3. Resultados y discusión

3.1. Evolución del calibre de arándanos bajo mallas de sombreo

En la Figura 1, se observa que los frutos cosechados bajo sombra de malla roja 40%, obtuvieron el mayor diámetro ecuatorial, comparado con los demás tratamientos, alcanzando un promedio de 18 mm. En cambio, se observa el menor diámetro, en frutos crecidos bajo sombra de malla negra 35%. No obstante, es interesante observar en la evolución semanal del calibre, que los diámetros promedio de los frutos en el ensayo sin malla, estuvieron sobre los demás tratamientos durante todo el tiempo de la investigación. La diferencia final se explica, dado que los frutos, especialmente aquellos crecidos bajo las mallas roja 40% y aluminizada, tardaron más en madurar y por lo tanto continuaron creciendo. Un efecto similar constataron Shahak *et al.* (2008), en uva de meza cv. Red Globe en Israel, cultivada bajo sombra de malla roja, la cual logró mayor calibre con respecto al control. En otro punto a señalar, el calibre de frutos bajo sombra de malla roja 18%, fue inferior a todos los demás tratamientos durante las tres primeras semanas de iniciado el ensayo, sin embargo, desde la primera semana agrícola del 2010 sobrepasa a los diámetros observados bajo mallas aluminizada y negra. Probablemente, estos frutos lograron un más rápido crecimiento en esa etapa, debido a la mayor temperatura ambiental registrada bajo este tratamiento y la respuesta fisiológica de las plantas a esa temperatura. En este sentido, la menor temperatura observada, especialmente bajo sombra de malla roja 40%, respecto del control sin malla, afectaría principalmente el crecimiento y la maduración de los frutos (Me *et al.*, 2005). Esto produciría en las plantas bajo ese tratamiento, un proceso de crecimiento de los frutos más prolongado y en consecuencia un mayor calibre. Otra probable explicación al mayor tamaño observado puede deberse a una respuesta fotomorfogénica inducida por el fitocromo.

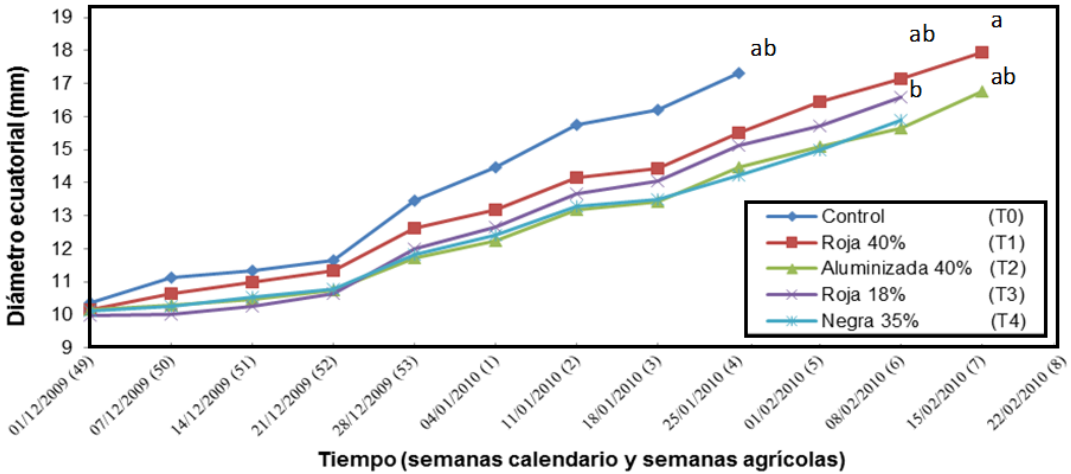


Figura 1. Evolución del calibre en frutos de arándano cv. Brigitta bajo mallas de sombreo. Letras distintas indican diferencia significativa según test de Duncan ($p \leq 0,05$).

El fitocromo es más activo biológicamente en función de una mayor cantidad de luz roja lejana, que recibiría el cultivo bajo la malla roja 40%. En tal sentido, Oren-Shamir *et al.* (2001), en su investigación sobre características de mallas de diversos colores sobre plantas decorativas, observaron que el sombreamiento de las mallas rojas mejora la relación de luz rojo: rojo lejano en el ambiente. De tal forma que ésta mejor relación de luz influiría particularmente en los procesos mediados por el fitocromo y también el proceso

fotosintético, principalmente en el primer estadio del fruto.

3.2. Fenología en arándanos bajo mallas de sombreo

Como se observa en la Figura 2, en los tres primeros periodos, no se presentan diferencias en ninguno de los ensayos, sin embargo, una vez instaladas las mallas, en la última semana de noviembre, se produce un desfase en los periodos fenológicos subsiguientes en todos los ensayos con sombra, respecto del control.

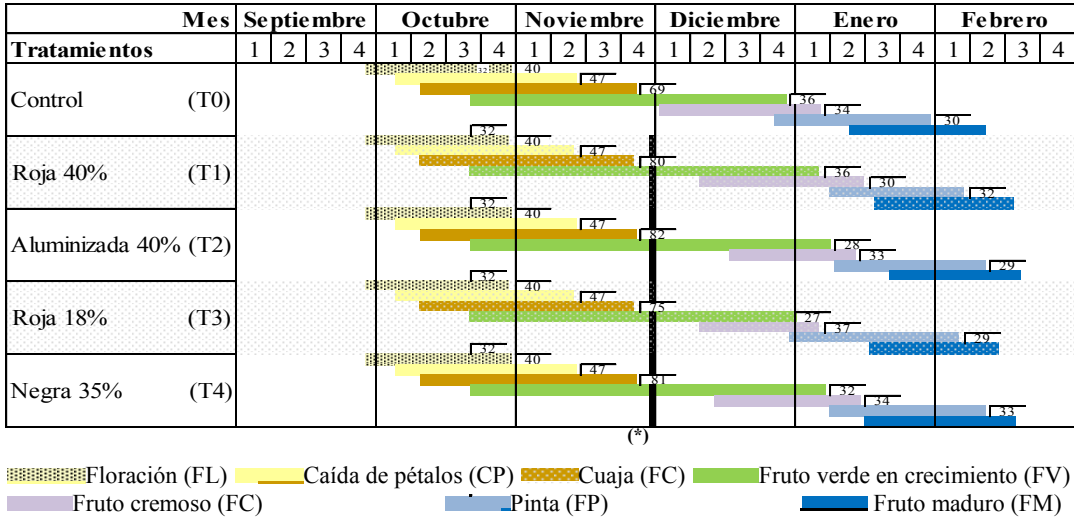


Figura 2. Periodos fenológicos en arándanos cv. Brigitta bajo mallas de sombreo. (*) La línea vertical resaltada indica inicio de tratamientos. Los números sobre barras horizontales indican duración en días de los periodos.

En primer lugar se observa mayor duración del período fruto verde en crecimiento (FV) bajo todas las mallas. Este período se extiende por más tiempo especialmente en plantas bajo sombra de malla aluminizada, donde se prolonga por 11 días más comparado con plantas del control.

Por otro lado, los períodos de fruto cremoso (FC) y de pinta (FP) se inician más tarde bajo el tratamiento con sombra de malla aluminizada, dando inicio 14 días y 16 días, respectivamente, después de cuando lo hacen las plantas cultivadas en el ensayo control. Es interesante observar, que pese a que los tratamientos con malla presentan un desfase fenológico, con respecto al cultivo sin sombra, al finalizar la etapa de fruto maduro (FM) no se aprecian diferencias marcadas entre los tratamientos. Los resultados observados bajo malla aluminizada, podrían deberse en parte al hecho de que esta malla, por ser termo reflectora (Oren-Shamir *et al.*, 2001), mantiene una temperatura más estable, ya que de día refleja parte de la radiación incidente y por las noches reduce las pérdidas por inversión térmica (Nomura *et al.*, 2009), influyendo en un desarrollo fenológico más prolongado. Las investigaciones al respecto son escasas y las conclusiones que muestran son un tanto disímiles. En este sentido, Leite (2001), en su investigación con diferentes cítricos de vivero en Brasil crecidos bajo sombreado de malla aluminizada, observó que el uso de esta red adelantó en 4 meses la producción de plantas preparadas para el trasplante, comparado al tiempo normal. En cambio, otros autores como Nomura *et al.* (2009), en su evaluación sobre el crecimiento y producción de flores de antúrio (*Anthurium andraeanum* Lindman) cultivadas bajo malla aluminizada en Brasil, afirman que el sombreado con esta red no afectó el inicio de producción en este cultivo ni causó precocidad en la fenología de la flor. En relación a la investigación con mallas rojas, Takeda *et al.* (2010), estudiando el efecto de mallas de sombreado en frutillas (*Fragaria*

ananassa Duchesne), informaron un retraso de 30 días en los períodos fenológicos usando malla roja con mayor sombreado que la del presente estudio. Se observa también en la Figura 2, períodos fenológicos de menor duración en plantas bajo sombra de malla roja 18%. Este resultado está relacionado a la mayor radiación y temperatura observada en este ensayo. Es ampliamente conocido que la temperatura controla la tasa de desarrollo de muchas plantas (Salisbury y Ross, 2000) y éstas a su vez inician procesos bioquímicos producto de una mayor respiración e intercambio gaseoso con el ambiente, sintetizando diferentes hormonas implicadas en la maduración, como son el etileno y giberelinas, y que a la vez estimulan este proceso en los frutos.

3.3. Evaluación de parámetros de calidad y rendimiento en arándanos bajo mallas de sombreado

La Tabla 1 muestra el menor diámetro polar en frutos bajo malla roja 18%. La forma del fruto, dada por la relación entre los diámetros polar y ecuatorial, es un elemento a considerar en el proceso de selección, ya que bayas muy achatadas pueden ser rechazadas por las cintas de proceso. En el presente estudio se obtienen valores de 1,3 en todos los tratamientos, no siendo afectados los frutos por efecto del sombreado. En otro punto, los frutos del tratamiento control muestran el mayor promedio de °Brix. Este resultado puede ser atribuido a la mayor temperatura registrada sobre estas bayas, puesto que con la temperatura aumenta la liberación de azúcares en el fruto, auxiliado por la hidrólisis de antocianinas (Shahidul *et al.*, 2005). Las plantas cultivadas bajo malla roja 18% muestran el mayor número de bayas por planta. En cuanto al rendimiento, en general, este no se vio afectado por el uso de mallas, excepto lo observado en el tratamiento con malla roja 18%, cuyo menor rendimiento está basado también en un menor peso de frutos.

Tabla 1

Evaluación de parámetros de calidad y rendimiento en arándanos cv. Brigitta bajo mallas de sombreo

TRATAMIENTO	Ø Ecuatorial (mm)	Ø Polar (mm)	SST (°Brix)	Peso (g)	Bayas planta (un)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Control (T0)	16,49 a	12,07 a	13,4 a	1,94 a	17,60 b	11008 a
Roja 40% (T1)	16,51 a	12,24 a	13,0 ab	1,94 a	1683 c	10461 a
Aluminizada 40% (T2)	16,33 a	11,88 a	12,6 b	1,87 ab	1756 b	10271 ab
Roja 18% (T3)	15,83 a	11,47 b	12,9 ab	1,69 b	1806 a	9668 b
Negra 35% (T4)	16,07 a	12,04 a	12,2 b	1,78 ab	1785 ab	10339 ab

Letras distintas indican diferencia significativa según test de Duncan ($p \leq 0,05$).

Los resultados observados al respecto, especialmente en el ensayo con malla roja 18%, podrían atribuirse en parte al desarrollo de tipo sigmoidal que presenta el arándano y a una probable relación con el tiempo que estuvieron sombreados los frutos.

En este sentido, en la primera etapa de crecimiento se produce la división y diferenciación celular, con mayor ganancia de tamaño y peso (post-antesis) llegando estas células al período de maduración final. En la última etapa se produce la elongación celular y aumento de materia seca (Godoy *et al.*, 2008). En consecuencia, el menor peso y rendimiento se explicarían por el hecho de que las mallas se instalaron entre las dos curvas de crecimiento. Otros autores, tales como Retamales *et al.* (2008), en su estudio con arándanos cv. Berkeley en Chile, informaron de mayores rendimientos bajo sombra de malla roja frente a otros tratamientos con mallas de color y al control, aunque asociando aquellos resultados al número de frutos por planta más que al peso de éstos.

3.4. Distribución de la cosecha en arándanos bajo mallas de sombreo

En la Figura 3 se observan los porcentajes de cosecha semanal por cada tratamiento, generándose una curva de producción distinta para cada ensayo. Si se comparan las cimas de cada curva de producción, los tratamientos con malla roja 40%, roja 18% y malla negra, presentan desfase de 7 días con respecto al control; y en frutos bajo

malla aluminizada, ese desfase es de 14 días con respecto al control. Es interesante observar que el área bajo la curva del ensayo con malla aluminizada comparado con la del control, indica un importante desplazamiento de producción en el tiempo. En tal sentido, la curva de cosecha para el cultivar Brigitta en la Región de La Araucanía, se inicia la última semana de diciembre, especialmente en plantaciones más cercanas al límite norte, y finaliza la tercera semana de febrero, para huertos más próximos al límite sur. Los resultados observados se explican en parte por una menor radiación y temperatura bajo malla aluminizada comparada con el control, éstas a la vez influirían sobre la humedad y CO₂. Maust *et al.* (2000), señalan que al disminuir la radiación disponible para las plantas disminuye también la tasa de asimilación de CO₂, que sumado a la pérdida gradual de clorofila ralentiza la fotosíntesis, reduciendo la producción de materia seca, producida por el fruto en su fase final de maduración, deduciéndose de esta forma que los frutos cultivados bajo sombra de malla aluminizada, tardaron más tiempo en alcanzar la madurez fisiológica y por lo tanto se cosecharon más tarde. Por otro lado, la mayor temperatura incidente sobre el cultivo del ensayo control tiene relación con el proceso metabólico que se lleva a cabo en los frutos. Esto conlleva un aumento en la actividad respiratoria del fruto en proceso de madurez, en el cual se activan las reacciones de síntesis y producción de etileno.

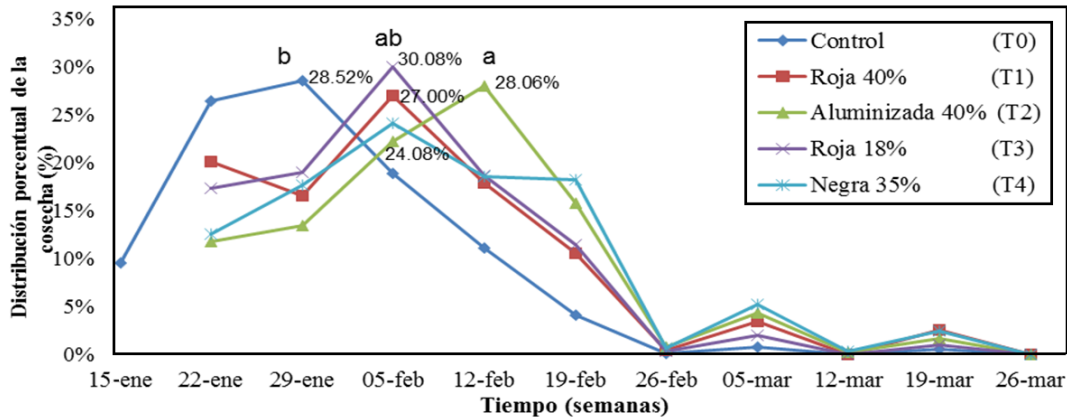


Figura 3. Distribución porcentual semanal de cosecha en arándanos cv. Brigitta bajo mallas de sombreo. Letras distintas indican diferencia significativa según test de Duncan ($p \leq 0,05$).

Según Salisbury y Ross (2000), esta hormona estimula la maduración, culminando así con la madurez fisiológica antes que los otros ensayos. En otro punto, en la Figura 3 se observa que, pese a que las curvas de cosecha en los ensayos con mallas se encuentran retrasadas en varios días respecto del control en gran parte de la temporada, éstas en su etapa final caen bruscamente, finalizando sus producciones en una fecha similar. Esta apreciación es equivalente a los resultados vistos anteriormente en la descripción fenológica de las plantas. Con relación a otros estudios, un efecto parecido en la distribución de la cosecha observaron Lobos *et al.* (2009) en arándanos bajo diversas mallas en Estados Unidos, constatando diferencias en más de 30% de producción en 13 días de retraso, en plantas bajo mallas rojas de diversos porcentajes de sombra frente al control y a otros tratamientos. También Shahak *et al.*

(2008), observando maduración en uva de mesa cv. Red Globe en Israel, cultivada bajo sombra de malla roja, informaron de un retraso de tres semanas en comparación a plantas del control sin malla y dos semanas comparada con frutos cultivados bajo sombra de malla negra.

3.5. Evaluación de la firmeza

En la Tabla 2 se observan 5 parámetros relacionados con la firmeza del arándano. La fracturabilidad de la epidermis, la rigidez del fruto y la carga media a través de la pulpa no presentan diferencias entre los tratamientos. La carga a la ruptura presentada por frutos bajo malla roja 18% muestra diferencia significativa comparada con frutos de los tratamientos con malla negra 35% y al control. Esto significa que los frutos bajo sombra de malla roja 18% presentan, para este parámetro, una firmeza cercana al doble comparada con los dos tratamientos ya mencionados.

Tabla 2

Evaluación de textura en arándanos cv. Brigitta bajo mallas de sombreo

Tratamiento	Fracturabilidad (N)	Rigidez (N)	Carga a la ruptura (N)	Carga media (N)	Módulo de deformabilidad ($N\ mm^{-1}$)
Control (T0)	$2,48 \pm 0,09\ a^*$	$1,28 \pm 0,06\ a$	$0,30 \pm 0,04\ bc$	$0,36 \pm 0,02\ a$	$3,08 \pm 0,06\ c$
Roja 40% (T1)	$2,21 \pm 0,11\ a$	$1,19 \pm 0,05\ a$	$0,45 \pm 0,08\ ab$	$0,36 \pm 0,01\ a$	$3,26 \pm 0,12\ bc$
Aluminizada (T2)	$2,07 \pm 0,11\ a$	$1,17 \pm 0,07\ a$	$0,38 \pm 0,02\ abc$	$0,33 \pm 0,02\ a$	$3,41 \pm 0,13\ abc$
Roja 18% (T3)	$2,25 \pm 0,11\ a$	$1,24 \pm 0,15\ a$	$0,54 \pm 0,03\ a$	$0,34 \pm 0,02\ a$	$3,76 \pm 0,21\ a$
Negra 35% (T4)	$2,23 \pm 0,12\ a$	$1,33 \pm 0,03\ a$	$0,25 \pm 0,08\ c$	$0,39 \pm 0,01\ a$	$3,53 \pm 0,08\ ab$

Letras distintas indican diferencia significativa según test de Duncan ($p \leq 0,05$). * = Error estándar.

En el módulo de deformabilidad, se observa también un comportamiento parecido, mostrando los frutos bajo malla roja 18% la mayor firmeza con respecto a los frutos del control y del tratamiento con malla roja 40%. Al respecto, debido a que el arándano es un fruto climatérico (Godoy, 2004) los cambios en la textura están relacionados, por una parte, con la pérdida de turgencia postcosecha producto de la respiración y transpiración del fruto y también al estado de madurez fisiológica. Por lo tanto, los frutos bajo sombra de malla roja 18% presentan una mayor firmeza producto de un mayor turgor y de una microestructura celular más fuerte. Al no existir un método estandarizado para medir textura en arándanos, las investigaciones muestran variados procedimientos utilizando diferentes equipos, sondas y dispositivos en diversos tipos de pruebas. En pruebas de penetración, Zapata *et al.* (2010), informaron de valores de fuerza máxima para cuatro cultivares de arándanos, similares a los de fracturabilidad y rigidez del presente estudio.

4. Conclusiones

El sombreado de las mallas altera el desarrollo fenológico de las plantas, extendiendo la duración de sus etapas, especialmente la fase de fruto verde en crecimiento y en consecuencia provoca que los frutos cultivados bajo estas mallas maduren y se cosechen más tarde respecto del control. El mayor retraso en la cosecha se produce en frutos crecidos bajo malla aluminizada 40%.

Los frutos producidos bajo mallas, en general, presentan un descenso en el contenido de sólidos solubles, siendo menor en malla negra 35%. El mayor peso de bayas se observa en frutos sin malla y en frutos bajo sombra de malla roja 40%. Asimismo, el mayor tamaño de frutos y rendimiento se produce con malla roja 40%. Sin embargo, no hay diferencias en peso de frutos en ningún tratamiento según la orientación cardinal. Por otra parte, las plantas cultivadas bajo malla roja 18%

presentan la mayor cantidad de bayas junto con la mayor firmeza entre todos los ensayos, en tanto que, en estos frutos se produce el menor diámetro polar, peso y rendimiento. Los calibres exportables, sobre 10 mm de diámetro ecuatorial, en todos los tratamientos con malla estuvieron sobre el 93%. En el control éstos llegaron sólo al 91%.

5. Referencias bibliográficas

- Abdel-Ghany, A.M.; Al-Helal, I.M. 2010. Characterization of solar radiation transmission through plastic shading nets. *Solar Energy Materials & Solar Cells* 94: 1371-1378.
- Arantes, A.J.; Duarte de Oliveira, P.; de Oliveira, M.I.; Silva, T. 2007. Influência de diferentes sombreamentos e nutrição foliar no desenvolvimento de mudas de palmeira ráfia *Rhapis excelsa* (Thunberg) Henry ex. Rehder. *Ciência e Agrotecnologia* 31(6): 1884-1887.
- Basile, B.; Romano, R.; Giaccone, M.; Barlotti, E.; Colonna, V.; Cirillo, C.; Shahak, Y.; Forlani, M. 2008. Use of photo-selective nets for hail protection of kiwifruit vines in southern Italy. *Acta Horticulturae* 70: 185-192.
- Blanke, M.M. 2009. The structure of coloured hail nets affects light transmission, light spectrum, phytochrome and apple fruit colouration. *Acta Horticulturae* 817: 177-184.
- Castellano, S.; Scarascia, G.; Russo, G.; Briassoulis, D.; Mistriotis, A.; Hemming, S.; Waaijenberg, D. 2008. Plastic nets in agriculture: A general review of types and applications. *Applied Engineering in Agriculture* 24(6): 799-808.
- Ganelevin, R. 2008. World-wide commercial applications of colored shade nets technology (Chromatinet®). *Acta Horticulturae* 770: 199-203.
- Godoy, C.; Monterubbianesi, G.; Tognetti, J. 2008. Analysis of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) fruit growth with exponential mixed models. *Scientia Horticulturae* 115: 368-376.
- Godoy, C.A. 2004. Conservación de dos variedades de arándano alto en condiciones de frío convencional. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo* 36(1): 53-61.
- Guerrero, V.M.; Roa, P.; Chacón, R.; Jiménez, J.A.; Sánchez, E. 2010. Color de la manzana *Red delicious* bajo malla antigranizo en México. *Tecnociencia Chihuahua* 4(1): 7-11.
- Huertas, L. 2006. Control ambiental en el vivero. *Revista Horticultura Internacional* 1: 76-85.
- Leite, C.A. 2001. Cítricos bajo invernadero. *Revista Horticultura Internacional* 33: 92-93.
- Leite, C.A. 2005. Las mallas en el contexto del proyecto de un vivero. *Revista Horticultura Internacional* 1: 66-73.
- Little, T.M.; Hills, F.J. 2002. Métodos estadísticos para la investigación en agricultura. Segunda edición. Editorial Trillas, S.A. de C.V. Ciudad de México, México.
- Lobos, G.A.; Retamales, J.B.; del Pozo, A.; Hancock, J.F.; Flore, J.A. 2009. Physiological response of *Vaccinium corymbosum* "Elliott" to shading nets in Michigan. *Acta Horticulturae* 810: 465-470.

- Maust, B.E.; Williamson, J.G.; Darnell, R.L. 2000. Carbohydrate reserve concentrations and flower bud density effects on vegetative and reproductive development in southern highbush blueberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 125(4): 413-419.
- Me, G.; Valentini, N.; Caviglione, M.; Lovisolo, C. 2005. Effect of shade on flowering and yield for two different hazelnut training systems. *Acta Horticulturae* 686: 187-192.
- Middleton, S.; Mc Waters, A. 2002. Hail netting of apple orchards: Australian experience. *The Compact Fruit Tree* 35(2): 51-55.
- Nomura, E.S.; Lima, J.D.; Rodrigues, D.S.; Garcia, V.A.; Fuzitani, E.J.; Modenese-Gorla da Silva, S.H. 2009. Crescimento e produção de antúrio cultivado sob diferentes malhas de sombreamento. *Ciência Rural* 39(5): 1394-1400.
- Oren-Shamir, M.; Gussakovsky, E.E.; Shpiegel, E.; Nissim-Levi, A.; Ratner, K.; Ovadia, R.; Giller, Y.E.; Shahak, Y. 2001. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 76(3): 353-361.
- Retamales, J.B.; Montecino, J.M.; Lobos, G.A.; Rojas, L.A. 2008. Colored shading nets increase yields and profitability of highbush blueberries. *Acta Horticulturae* 770: 193-197.
- Salisbury, F.B.; Ross, C.W. 2000. Fisiología de las plantas 3. Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. International Thomson Editores Spain Parainfo, S.A. Madrid, España.
- Shahak, Y. 2008. Photo-selective netting for improved performance of horticultural crops. A review of ornamental and vegetable studies carried out in Israel. *Acta Horticulturae* 770: 161-168.
- Shahak, Y.; Gussakovsky, E.E.; Cohen, Y.; Lurie, S.; Stern, R.; Kfir, S.; Naor, A.; Atzmon, I.; Doron, I.; Greenblat-Avron, Y. 2004a. Colomnets: a new approach for light manipulation in fruit trees. *Acta Horticulturae* 636: 609-616.
- Shahak, Y.; Gussakovsky, E.E.; Gal, E.; Ganelevin, R. 2004b. Color nets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. *Acta Horticulturae* 659: 143-151.
- Shahak, Y.; Ratner, K.; Giller, Y.E.; Zur, N.; Or, E.; Gussakovsky, E.E.; Stern, R.; Sarig, P.; Raban, E.; Harcavi, E.; Doron, I.; Greenblat-Avron, Y. 2008. Improving solar energy utilization, productivity and fruit quality in orchards and vineyards by photosensitive netting. *Acta Horticulturae* 772: 65-72.
- Shahidul, I.; Jalaluddin, M.; Garner, J.O.; Yoshimoto, M.; Yamakawa, O. 2005. Artificial shading and temperature influence on anthocyanin compositions in sweetpotato leaves. *HortScience* 40(1): 176-180.
- Takeda, F.; Glenn, D.M.; Callahan, A.; Slovin, J.; Stutte, G.W. 2010. Delaying flowering in short-day strawberry transplants with photosensitive nets. *International Journal of Fruit Science* 10(2): 134-142.
- Watson, R.; Wright, C.J.; McBurney, T.; Taylor, A.J.; Linforth, R.S.T. 2002. Influence of harvest date and light integral on the development of strawberry flavour compounds. *Journal of Experimental Botany* 53(377): 2121-2129.
- Zapata, L.M.; Malleret, A.D.; Quinteros, C.F.; Lesa, C.E.; Vuarant, C.O.; Rivadeneira, M.F.; Gerard, J.A. 2010. Estudio sobre cambios de la firmeza de bayas de arándanos durante su maduración. *Revista Ciencia, Docencia y Tecnología* 21(41): 159-171.